

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-251947

(43)Date of publication of application : 22.09.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
// C23C 14/04  
H01L 21/316

(21)Application number : 08-060683

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 18.03.1996

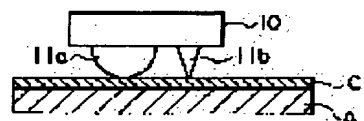
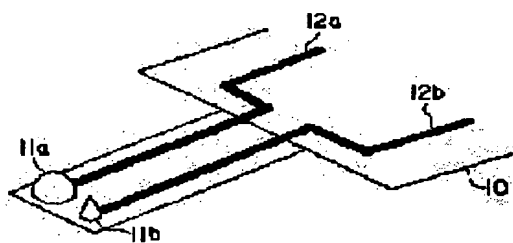
(72)Inventor : SUGIMURA HIROYUKI  
NAKANO KATSUSHI  
NAKAGIRI NOBUYUKI

## (54) FINELY MACHINING APPARATUS

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently form a circuit pattern contg. different-width lines on the surface of a substrate, without damaging the surface thereof.

**SOLUTION:** The main body of this finely machining apparatus which is an optical lever type AFM has a micro lever 10 having two different-diameter probes 11a, 11b covered with a conductor connected to leads 12a, 12b of electrodes. After positioning one probe to a region of a resist film C to be oxidized on the surface of a substrate, a voltage is applied between its top end and film C to oxidize adequate area of the region of the film C near the top end of the probe by the energy of a current flowing between both. With keeping this probe apart from the film C, it is moved, relative to the film, to oxidize a region of adequate width along a route determined according to a designed pattern.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-251947

(43) 公開日 平成9年(1997)9月22日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 4 1 Z
// C 2 3 C 14/04			C 2 3 C 14/04	B
H 0 1 L 21/316			H 0 1 L 21/316	T
			21/30	5 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-60683

(22) 出願日 平成8年(1996)3月18日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 杉村 博之

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 中野 勝志

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 中桐 伸行

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 弁理士 三品 岩男 (外1名)

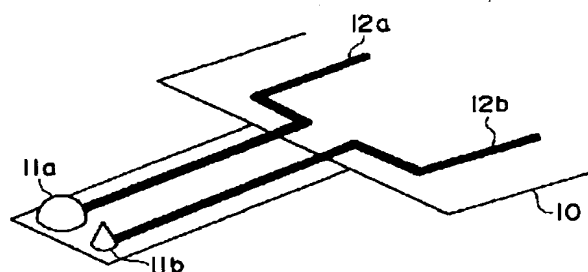
(54) 【発明の名称】 微細加工装置

(57) 【要約】

【課題】 基板の表面を傷付けずに、異なる線幅のラインを含む回路パターンを基板の表面に効率的に形成する。

【解決手段】 本微細加工装置の本体である光てこ方式のAFMには、導体で被膜した径の異なる2個の探針11a, 11bを有するマイクロてこ10が装着される。各探針11a, 11bの被膜には、電極からの配線12a, 12bが接続されている。そして、基板の表面のレジスト膜Cの酸化すべき領域に対して一方の探針を位置決めし、これの先端とレジスト膜Cとの間に電圧を印加する。両者の間に流れる電流のエネルギーで、探針先端付近のレジスト膜Cの適当な面積の領域が酸化される。更に、レジスト膜Cとの間隔を保ちつつ、この探針をレジスト膜Cに対して相対的に移動させることにより、設計回路パターンにより定まる経路に沿った領域が適当な幅で酸化される。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 探針と基板の表面との間に印加される電圧によって、前記基板の表面の前記探針の先端付近の領域に化学変化を起こさせる微細加工装置であって、複数の前記探針が形成されたテコと、前記テコを前記基板に対して相対的に移動させる移動手段と、前記移動手段による前記テコの相対的な移動によって前記基板の表面に位置付けられた前記複数の探針の内の少なくとも 1 つの探針に前記電圧を印加する印加手段とを備えることを特徴とする微細加工装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の微細加工装置であって、前記複数の探針は、それぞれ、先端の径が異なる探針であることを特徴とする微細加工装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の微細加工装置であって、

前記テコは、可撓性を有する片持ち梁であり、当該微細加工装置は、更に、前記テコに形成された探針と前記基板の表面との接触に伴う前記テコの撓み角を測定する測定手段と、前記移動手段による前記テコの相対的な移動に伴って前記測定手段に測定される前記テコの撓み角に基づいて、前記基板の表面の形状データを算出する算出手段と、前記算出手段が算出した前記形状データに基づいて前記基板の表面の像を再生する再生手段とを備えることを特徴とする微細加工装置。

【請求項 4】 探針と基板の表面との間に印加される電圧によって、前記基板の表面の前記探針の先端付近の領域に化学変化を起こさせる微細加工装置であって、それぞれ先端径が異なる前記探針が形成された 2 つ以上のテコを有する部材と、前記部材を前記基板に対して相対的に移動させる移動手段と、前記 2 つ以上のテコに形成された探針の内の少なくとも 1 つの探針の先端が前記基板の表面に接触するように、前記 2 つ以上のテコの変形を制御する変形手段と、前記 2 つ以上のテコに形成された探針の内の、少なくとも前記移動手段による前記部材の相対的な移動と前記変形手段の制御とによって前記基板の表面に位置付けられた探針に前記電圧を印加する印加手段とを備える特徴とする微細加工装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の微細加工装置であって、前記 2 つ以上のテコは、可撓性を有する片持ち梁であり、当該微細加工装置は、更に、前記 2 つ以上のテコの内の前記変形手段の制御によって前記基板に接触している前記探針が形成されたテコの、前記移動手段による前記部材の相対的な移動に伴う撓み角を測定する測定手段と、前記測定手段が測定した前記テコの撓み角に基づいて前

記基板の表面の形状データを算出する算出手段と、前記算出手段が算出した前記形状データに基づいて前記基板の表面の像を再生する再生手段とを備えることを特徴とする微細加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、AFM（原子間力顕微鏡）のプローブを利用した微細加工装置に係り、特に、IC 等の製造工程において必要とされる、基板の表面に形成されたレジスト膜の極微細な領域の酸化処理に適した微細加工装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来 IC や LSI 等の基板素子製造工程のリソグラフィ工程に採用されている、フォトリソグラフィ技術は、半導体製品を多品種少量生産には適さないという欠点を有している。また、紫外線の波長程度の線幅のラインを含む回路パターンを効率的に形成することは困難であるという欠点も有している。そこで、STM（走査型トンネル顕微鏡）の探針と基板の表面との間の微小電流を利用することにより、基板の表面に形成されたレジスト膜の局所的な領域を酸化することができる走査型プローブリソグラフィ技術が提案されている（特開平 6-252131 号公報記載、特開平 7-37790 号公報記載）。こうした技術を利用すれば、多品種で高品質な半導体製品を少量づつ生産することができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上記走査型プローブリソグラフィ技術には、使用してる探針の先端径以上の幅の領域に酸化を施す必要がある場合には、最初に酸化を施した領域に沿って、繰り返し酸化を施す必要があるという欠点がある。

【0004】 このように、使用してる探針の先端径以上の幅の領域を一回の走査では酸化できないので、異なる線幅のラインを含んでいる IC 等の回路パターンを作成する場合には効率が良くない。

【0005】 また、上記走査型プローブリソグラフィ技術では、複数のラインを同時酸化することができないため、例えば、平行なラインを複数酸化する必要がある場合には、適当な間隔毎に、ほぼ同一な軌道に沿って繰り返し酸化を施す必要がある。従って、平行なラインを酸化する場合の効率が良くない。

【0006】 さらに、上記走査型プローブリソグラフィ技術には、探針を高速に移動させた場合等に、基板の表面が探針によって傷付けられることがあるという欠点もある。

【0007】 そこで、本発明は、基板の表面を傷付けずに、異なる線幅のラインを含む回路パターンを基板の表面に効率的に形成できる微細加工装置を提供することを目的とする。そして、こうした微細加工装置により、多

品種少量生産が要求される半導体製品の工程における効率化を図らんとするものである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、探針と基板の表面との間に印加される電圧によって、前記基板の表面の前記探針の先端付近の領域に化学変化を起こさせる微細加工装置であって、複数の前記探針が形成され、且つ、前記基板に対して相対的に移動するテコと、前記テコの前記基板に対する相対的な移動によって前記基板の表面の任意の位置に位置付けられた前記複数の探針の内の少なくとも1つの探針に前記電圧を印加する印加手段とを備えることを特徴とする微細加工装置を提供する。

【0009】従って、前記印加手段により前記複数の探針に同時に前記電圧が印加されれば、探針を交換することなく、複数の平行なラインを一回の走査で描画することも可能である。

【0010】また、こうした微細加工装置において、前記複数の探針を互いに先端の径が異なる探針とすれば、前記複数の探針の内から、形成すべき回路パターンに含まれるラインの幅に適した先端径の探針を選択して使用することができる。つまり、探針を交換することなく、異なる線幅のラインを一回の走査により描画することができる。

【0011】更に、各探針が形成されたテコを、可撓性を有する片持ち梁とすれば、前記テコが基板の表面形状に応じて柔軟に変形するため、前記探針により前記基板の表面が傷付けられることが少なくなる。

【0012】従って、本微細加工装置によれば、より少ない工程数で、多様な半導体製品を効率良く製造することができる。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面を参照しながら、本発明に係る実施の一形態を、光てこ方式のAFM（原子間力顕微鏡）に適用した場合を一例に挙げて説明する。

【0014】最初に、図1により、本実施の形態に係るマイクロてこ10の構造について説明する。

【0015】本マイクロてこ10は、化学的に安定な白金や金等の導体、或いは大気中において安定な酸化被膜を形成するチタンやニッケル等で被膜された、先端径の異なる2個の探針11a、11bを有する。また、各探針11a、11bの被膜には、電極から引き出された配線12a、12bがそれぞれ接続されており、加工物の表面（本実施の形態では、基板の表面に形成されたレジスト膜）を酸化する際には、後述の制御部20の制御による切換スイッチ24の動作により、2個の探針11a、11bの内の、いずれか一方の探針の先端と基板の表面との間に電圧が印加されるようになっている。

【0016】以上のように、本実施の形態では、マイク

ロてこ10に形成された各探針11a、11bを導体等の被膜で覆っているが、各探針11a、11bの先端に電圧を供給するためには必ずしもこのようにする必要はなく、例えば、探針自体を、タングステンや白金等の導体、適当な不純物を高濃度にドーブしたシリコン、若しくは適当なイオンを注入したダイヤモンド等で形成し、これをマイクロてこに接合するようにしても構わない。また、探針の数も2個に限る必要はなく、形成する回路パターンに含まれる各ラインの幅に適した先端径の探針を、更に付加しても構わない。

【0017】さて、こうしたマイクロてこ10は、本実施の形態に係る微細加工装置の本体である、周知の光てこ方式のAFMにマイクロてこ取付部に取付けられる。以下、図2により、こうしたマイクロてこ10を備えた本微細加工装置によるレジスト膜の酸化に関する処理（すなわち、酸化すべきラインの始点付近のレジスト膜Cの表面のAFM像の観察と、その後に行うレジスト膜の酸化処理）について説明する。但し、基板Aの表面には、予め、レジスト膜Cとしてチタン薄膜が蒸着されており、更に、このレジスト膜Cは接地してあるものとする。

【0018】予め設計された回路パターンにより定まるラインに沿ってレジスト膜Cを酸化する場合には、既存のラインとの位置関係を確認するために、まず、電圧の供給を一旦停止してから、酸化すべきラインの始点付近のレジスト膜Cの表面をマイクロてこ10で走査して、そのAFM像を観察する必要がある。詳細には、この際、制御部20が、基板Aを載置した3次元スキャナ（不図示）に印加する電圧を制御する走査回路（不図示）を駆動して基板Aを水平面内で適当に移動させながら、2分割フォトダイオード22で検出される、マイクロてこ10の背面で反射された、基板レーザ発振装置23からのレーザ光Bの強度比較によって、レジスト膜Cと少なくとも一方の探針の先端との接触（図3参照）に伴うマイクロてこ10の撓み角を算出し、これをレジスト膜Cの凹凸情報としてメモリに順次格納していく。その結果、映像表示装置（不図示）には、こうしてメモリに格納された一連の凹凸情報に基づいて再現されるレジスト膜CのAFM像が表示される。

【0019】このようにして獲得された、酸化すべきラインの始点付近のレジスト膜Cの表面のAFM像に基づいて、3次元スキャナに印加する電圧を制御する走査回路を駆動して、レジスト膜Cの表面の酸化すべきラインの始点に対して、その幅に適した先端径の探針を位置決めする。次に、前述の切換スイッチ24を制御して、この探針の先端とレジスト膜Cとの間に電圧を印加すると、両者の間に流れる電流（尚、本実施の形態では、両者の間に発生するトンネル電子）のエネルギーにより、探針の先端付近のレジスト膜Cの、探針の先端径に応じた面積の領域が酸化される。更に、このときの探針の先端

とレジスト膜Cの表面との相対距離を保ちつつ、3次元スキャナに印加する電圧を制御する走査回路を駆動して、この探針の先端をレジスト膜Cの表面に対して相対的に移動させることにより、予め設計された回路パターンにより定まるラインに沿ってレジスト膜Cを酸化させていく。その結果、所望の幅のラインを一回の走査で酸化させることができる。

【0020】また、このとき、両探針に同時に電圧を印加すれば、探針を交換することなく、一回の走査で、2本の平行なラインを酸化させていくこともできる。従って、同じ線幅の平行なラインを多く含む回路パターンを作成する場合には、マイクロてこに同じ先端径の探針を形成しておく方が合理的である。

【0021】このように、本微細加工装置は、マイクロてこに形成された先端径の異なる複数の探針の内から、形成すべき回路パターンに含まれるラインの幅に適した先端径の探針を選択して使用することができるので、異なる線幅のラインを一回の走査で酸化することができる。従って、異なる線幅のラインを含んでいるIC等の回路パターンを効率的に作成することができる。また、マイクロてこに形成された複数の探針に同時に電圧を印加すれば、探針を交換することなく、一回の走査で、2本の平行なラインを酸化させていくこともできる。従って、平行なラインを多く含むIC等の回路パターンも効率的に作成することができる。

【0022】また、各探針が形成されたマイクロてこはレジスト膜の表面の凹凸に応じて柔軟に変形するので、従来技術の欄で説明した走査型プローブリソグラフィ技術と異なり、基板の表面が探針によって傷付けられることが少ない。

【0023】従って、本微細加工装置によれば、より少ない工程数で、多様な半導体製品を効率的に製造することができると思われる。

【0024】また、従来の走査型プローブリソグラフィ技術においては、STMの探針の先端の状態変化により良好なSTM像が観察できなくなる度に、一定時間を費やして探針の交換を行わなければならなかったが、本微細加工装置においては、1個のマイクロてこに複数の探針が形成されているので、少なくとも全探針の先端の状態が変化する迄の間は、別の探針を利用して良好なAFM像が観察できるので、煩雑なマイクロてこの交換を頻繁に行う必要がない。従って、こうした面に於いても、本微細加工装置は、従来の走査型プローブリソグラフィ技術のように半導体製品の製造工程の効率化を妨げることが少ない。

【0025】ところで、本実施の形態では、同一のマイクロてこに、先端径の異なる複数の探針を形成しているが、必ずしもこのようにする必要はない。例えば、図4に示すように、複数のマイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eに、それぞれ、先端径の異なる探

針を1個ずつ形成しても構わない。このようにする場合には、各マイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eを圧電体で形成し、且つ、各マイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eに電圧を印加する各回路を制御して各マイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eの撓みを各々制御するようにすれば、図2に示したようなバイアス電圧を切り替える切換スイッチは不要となる。すなわち、全探針に電源からの電圧が一様に供給されていても、図5に示すように、複数のマイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eの内の、酸化すべき領域の面積に適した先端径の探針の先端とレジスト膜Cの表面との間に電流が流れるように（すなわち、この探針の先端のみがレジスト膜Cの表面に適当に近接するように）、これ以外の探針が形成されたマイクロてこを撓ませればよい。また、レジスト膜Cの表面のAFM像を観察する際にも、これと同様な方法により余計なマイクロてこを撓ませて、適当な1個のマイクロてこに形成された探針でレジスト膜Cの表面を走査すればよい。

【0026】尚、AFM像の分解能は探針の先端径に依存するので、いずれのマイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eも測定に使用できるように、各マイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eに、それぞれ、図2に示したような光学計測定系を設け、各マイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eの撓み角を検出可能としておくことが望ましい。そのようにすれば、異なる先端径の探針によって各々観察されるAFM像に基づく基板の表面状態の評価結果を集約することができる。つまり、製造と同一プロセスにおいて、より信頼性の高い検査を効率的に行うことができる。

【0027】ここで、本微細加工装置により、切れ目なく、幅が異なるラインを手際よく描画する手順について説明しておく。

【0028】まず、最初に、先端径の大きな探針を所定の経路に沿って移動させながら、半導体の表面に幅の広いラインを描画する。尚、図1を用いて説明したマイクロてこを備える装置であれば前述の方法に従えばよく、図4を用いて説明したマイクロてこを備える装置であれば、各マイクロてこ10a, 10b, 10c, 10d, 10eに電圧を印加する回路を制御することにより、所望の先端径の探針が形成されたマイクロてこのみを基板に接触させながら（図5参照）、3次元スキャナに印加する電圧を制御する走査回路を駆動して基板Aを水平面内で適当に移動させればよい。そして、電圧の供給を一端停止してから、一端先端径の小さな探針によるAFM像を観察しながら、先端径の小さな探針の先端を既存のラインに対して位置合わせした後（即ち、幅の狭いラインの始点となるべき位置に位置合わせした後）、半導体の表面に幅の狭いラインを描画し始める。すなわち、図

1を用いて説明したマイクロてこを備える装置であれば、前述の方法に従えばよく、図4を用いて説明したマイクロてこを備える装置であれば、再度電圧の供給を開始してから、先端径の大きな探針でラインを描画する際と同様な方法に従えばよい。このような手順に従えば、ライン間に不整合が生じ難い。

【0029】以上で、本発明に係る実施の一形態についての説明を終る。尚、本微細加工装置の用途は、ここで説明した処理に限定されるものではない。例えば、本微細加工装置は、フレネルゾーンプレート等の帯の形成処理等に適用することも可能である。

【0030】

【実施例】以下、上記微細加工装置を用いて行った、基板の表面に蒸着させたレジスト膜であるチタン薄膜の酸化処理の実施例について説明する。但し、本実施例では、先端径50nmの探針と、先端径1000nmの探針とが形成されたマイクロてこ10を使用した。

【0031】湿度10%の環境下で、マイクロてこ10を基板Aに対して相対速度1 $\mu$ m/秒で移動させながら、各探針で、それぞれ、厚さ10nmのチタン薄膜Cを陽極酸化した。その結果、先端径50nmの探針によれば、幅20nmのラインが一回の走査で描画され、先端径1000nmの探針によれば幅200nmのラインが一回の走査で描画された。すなわち、両探針を適当に使い分ければ、異なる幅のラインを含むIC等の回路パターンを、より効率的に作成することが可能となる。尚、最初に、先端径の大きな探針で幅の広いラインを描画した後、先端径の小さな探針で幅の狭いラインを描画するようにすると、比較的、既存のラインに対する探針の位置合わせが行いやすいので、ライン間に不整合を生じることが少なくなる。

【0032】

【発明の効果】本発明に係る微細加工装置によれば、マ

イクロてこに形成された先端径の異なる複数の探針の内から、形成すべき回路パターンに含まれるラインの幅に適した先端径の探針を選択して使用することができるので、探針を交換することなく、数種の幅のラインを、いずれも、一回の走査で酸化することができる。また、複数の探針に同時に電圧を印加すれば、探針を交換することなく、複数の平行なラインを一回の走査で描画することも可能である。また、各探針が形成されたマイクロてこが基板の表面の凹凸に応じて柔軟に変形するため、従来技術の欄で説明した走査型プローブリソグラフィ技術と異なり、基板の表面が探針で傷付けられることが少なくなる。従って、本微細加工装置によれば、より少ない工程数で、多様な半導体製品を効率良く製造することができると思われる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係るマイクロてこの構造を説明するための図である。

【図2】本発明の実施の形態に係る微細加工装置の測定原理を説明するための図である。

【図3】測定時における、図2のA-A断面図である。

【図4】本発明の実施の形態に係るマイクロてこの構造を説明するための図である。

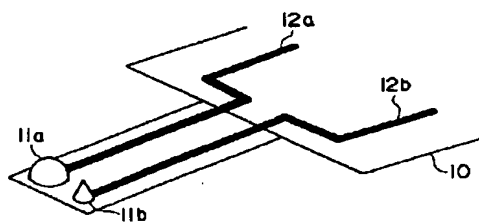
【図5】図3のマイクロてこによる酸化処理を説明するための図である。

【符号の説明】

- 10…マイクロてこ
- 11a, 11b…探針
- 12a, 12b…配線
- 20…制御部
- 21…3次元スキャナ
- 22…2分割フォトダイオード
- 23…基板レーザ発振装置

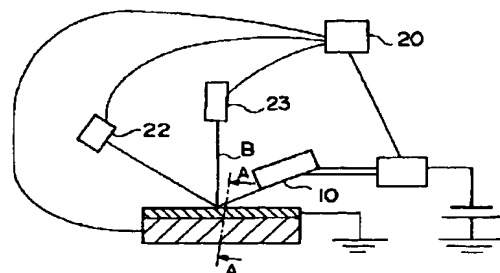
【図1】

図 1



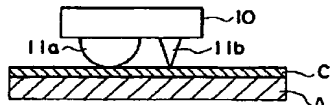
【図2】

図 2



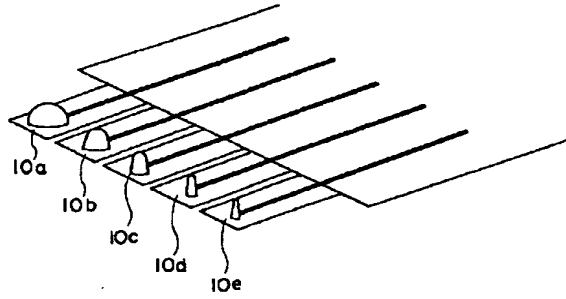
【図3】

図 3



【図4】

図 4



【図5】

図 5

